

---

## 双向可控硅

双向可控硅又称为双向晶闸管

普通晶闸管(VS)实质上属于直流控制器件。要控制交流负载,必须将两只晶闸管反极性并联,让每只 SCR 控制一个半波,为此需两套独立的触发电路,使用不够方便。

双向晶闸管是在普通晶闸管的基础上发展而成的,它不仅能代替两只反极性并联的晶闸管,而且仅需一个触发电路,是目前比较理想的交流开关器件。其英文名称 TRIAC 即三端双向交流开关之意。

### 构造原理

---

尽管从形式上可将双向晶闸管看成两只普通晶闸管的组合,但实际上它是由 7 只晶体管和多只电阻构成的功率集成器件。小功率双向晶闸管一般采用塑料封装,有的还带散热板,外形如图 1 所示。典型产品有 BCM1AM(1A / 600V)、BCM3AM(3A / 600V)、2N6075(4A / 600V)、MAC218-10(8A / 800V)等。大功率双向晶闸管大多采用 RD91 型封装。双向晶闸管的主要参数见附表。

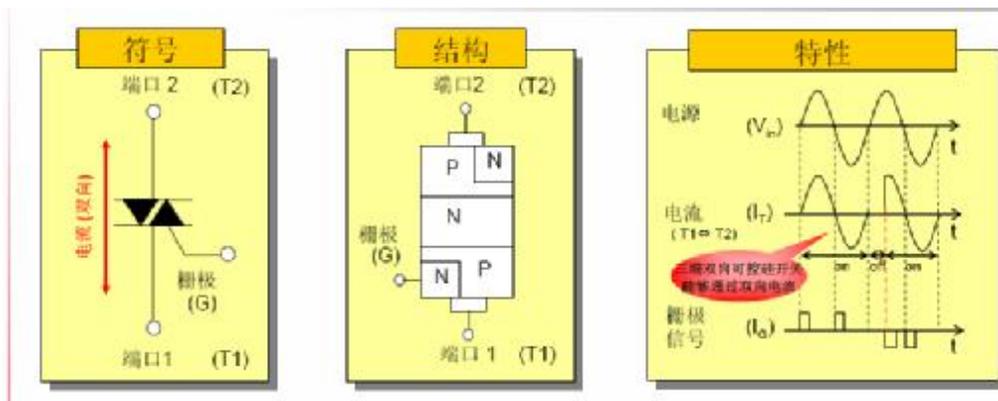
双向晶闸管的结构与符号见图 2。它属于 NPNPN 五层器件,三个电极分别是 T1、T2、G。因该器件可以双向导通,故除门极 G 以外的两个电极统称为主端子,用 T1、T2 表示,不再划分成阳极或阴极。其特点是,当 G 极和 T2 极相对于 T1 的电压均为正时,T2 是阳极,T1 是阴极。反之,当 G 极和 T2 极相对于 T1 的电压均为负时,T1 变成阳极,T2 为阴极。双向晶闸管的伏安特性见图 3,由于正、反向特性曲线具有对称性,所以它可在任何一个方向导通。

双向可控硅又称为双向晶闸管

普通晶闸管(VS)实质上属于直流控制器件。要控制交流负载,必须将两只晶闸管反极性并联,让每只 SCR 控制一个半波,为此需两套独立的触发电路,使用不够方便。

双向晶闸管是在普通晶闸管的基础上发展而成的,它不仅能代替两只反极性并联的晶闸管,而且仅需一个触发电路,是目前比较理想的交流开关器件。其英文名称 TRIAC 即三端双向交流开关之意。

---



### 电路的触发模式

三端双向可控硅开关可通过施加正的或负的栅极信号打开。三端双向可控硅开关在施加正向或反向电压时均可通过栅极信号打开。三端双向可控硅开关可按下面四种模式用栅极信号触发。

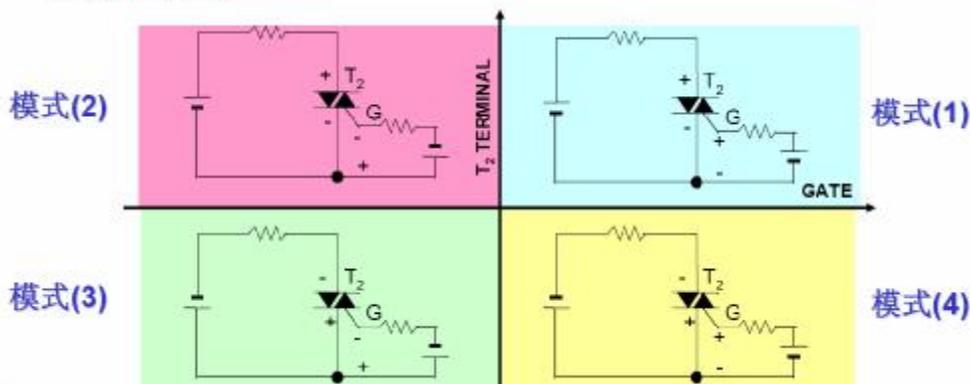
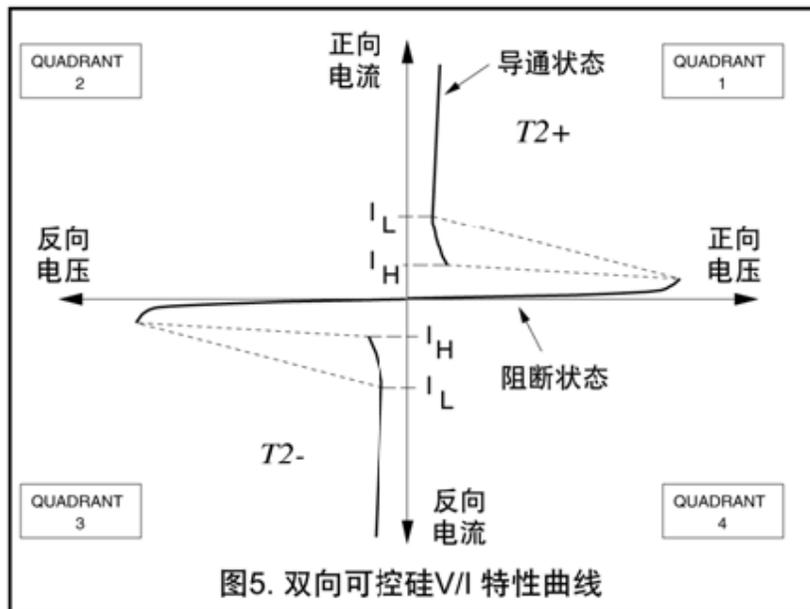


表 1: 双向可控硅触发象限 — 通用命名法

普通写法	T2+, G+	T2+, G-	T2-, G-	T2-, G+
简化写法	1+	1-	3-	3+
通用写法	I	II	III	IV



### 为什么采用三象限双向可控硅？

为了防止假脉冲触发双向可控硅，造成失控导通，引起电机运行不稳定，噪声增大，4Q 双向可控硅的电路中总是包括外加的保护元件。典型电路中，RC缓冲电路并联在双向可控硅的主端子之间，用来限制电压变化率(dV/dt)，有些情况下还需要大容量的电感，以限制切换时的电流变化率(dIcom/dt)。这些元件增加电路的成本和尺寸。甚至，还可能降低长期可靠性。选择不佳的缓冲元件能导致破坏性的峰值电流和电流上升率。假如双向可控硅阻断高电压时被触发，或者缓冲电容通过双向可控硅放电过快，这时就可能发生前述问题。缓冲电路由串联的电容和碳质电阻构成，两元件都按电源电压选用。元件的典型数值是 $0.1 \mu F$  及  $\geq 100 \Omega$ 。所用碳质电阻应能承受反复的浪涌电流而不烧毁。缓冲电路元件的选择是为了限制dVCOM/dt 或dVD/dt 在一定水平下，确保不触发双向可控硅。在这条件下，选择最大的R 值和最小的C 值，可以把缓冲电容放电时导致破坏的可能性降到最低。

### 4Q 双向可控硅的内部过程

4Q 双向可控硅能在3+象限(T2-, G+)触发，这决定于该半导体的结构，因为在门极区有一微小重叠部分。工作在3+象限时，主端子负载电流由双向可控硅晶片的这一半通过几个导通的中间层流至晶片的另一半，距离较远。由于这远距离触发方式，3+运行有几个缺点：

- 双向可控硅具有最小灵敏度（IGT 是四象限中最高的），所以需要较大门极电流才能保证触发。
- 接通门极电流至双向可控硅导通间的时间滞后，在四象限中最长，因而门极电流维持接通时间应更长，才能保证触发。

• 允许的电流上升率在四象限中最低（最低的 $dI_T/dt$ ）。这表明，容易产生局部热点，并在控制负载具有较高涌入电流时导致双向可控硅在门极区烧毁。电容性负载和白炽灯的冷的灯丝就属于这类负载。

双向可控硅的内部结构使它能在3+象限触发，并且在 $dI_{COM}/dt$  和 $dV_{COM}/dt$  较高时允许移动的电流载荷子从双向可控硅的这一半进入另一半。这可能导致，负载电流越过零值时无法断开。

### 三象限双向可控硅

3Q 双向可控硅具有和4Q 双向可控硅不同的内部结构，它在门极没有临界的重叠结构。这使它不能在3+象限工作，但由于排除了3+象限的触发，同时避开了4Q 双向可控硅的缺点。由于大部分电路工作在1+和3-象限（用于相位控制），或者工作在1-和3-象限（用于简单的极性触发，信号来自IC 电路和其它电子驱动电路），因而和所取得的优点比较，损失3+象限的工作能力是微不足道的代价。

### 3Q 双向可控硅为初始产品制造厂带来的好处

1. 高 $dV_{COM}/dt$  值性能, 不需缓冲电路
2. 高 $dV_D/dt$  值性能, 不需缓冲电路
3. 高 $dI_{COM}/dt$  值性能, 不必串联电感

### 无缓冲器双向可控硅

长期以来双向可控硅的低值  $dV/dt$ 、 $dI/dt$  是令人感到不快的事，这使得在通常情况下连接电感性负载时都必须使用缓冲器, 否则可控硅无法正常关断。这一现实也造就了一些生产电容器的厂家，如英国的 Norfolk Capacitors Limited 就以专为可控硅提供缓冲器而著称。

在某些场合下人们用单向可控硅的反向并联可以免去缓冲器，因为在关断瞬间  $dV/dt$  是加在一只“休息”了半个周期的可控硅上的，此时该可控硅所承受的  $dV/dt$  基本上是断态  $dV/dt$ ，而单向可控硅的断态  $dV/dt$  通常是高于双向可控硅的换向  $dV/dt$  的。且门极分流电阻  $R$  也可提高可控硅的现场  $dV/dt$  值。

单向可控硅的反向并联启发了人们制造高  $dV/dt$ 、 $dI/dt$  值双向可控硅的想法。据笔者了解，从 1995 年起，STMicroelectronics、Philips Semiconductors 就分别推出了自己的高  $dV/dt$  值器件。ON Semiconductor 在 2000 年 7 月推出 MAC16HC。普通双向可控硅也是由两只反向并联的单向可控硅构成的。但在制造上它是两只可控硅集成在同一硅片上的，而新的可控硅则尽量把它们分开。只把两只分立元件简单地放在一起还不能使门极尽量保持现有可控硅的 4 象限触发特性，因此需要有新的门极构造。此外为提高普通可控硅  $dV/dt$  值的发射极短路技术也被采用。值得注意的是这些器件的数据中并不标明换向的  $dV/dt$  而是断态的

地址 (ADD): 无锡新区硕放香楠一路 9 号  
网址 (Http): [Http://www.cldkj.com](http://www.cldkj.com)

电话 (Tel): 0510-80259777  
传真 (Fax): 0510-82261222

$dV/dt$ ，且一般门极制造得敏感，其  $dV/dt$  就降低，可以看出这些数据较普通可控硅高很多。多数人称这些器件为无缓冲器双向可控硅（Snubberless TRIAC），也有人称它们为高换向电压双向可控硅（High Commutation TRIAC）。由于在结构上所做的改变，无缓冲器双向可控硅是不接受第 4 象限触发（即 MT1、G 为正，MT2 为负）的。而这也恰是普通双向可控硅所很少用的。因此，在一般情况下无缓冲器双向可控硅可在不改变原来线路的条件下直接替换普通双向可控硅及其缓冲器。这一特性也使得这些器件被称为 3 象限触发器件（3-Quadrant TRIAC）。注意，并非所有 3 象限触发器件都具有高值  $dV/dt$ 。为了平衡器件的换向性能和触发灵敏度的需求，厂商们也设计出了可由逻辑电平驱动但  $dV/dt$  达不到通常无缓冲器可控硅要求的 3 象限器件，如 BTA204X 的 DEF 系列的  $dV/dt$  是  $20-50V/\mu S$ ，而触发电流可达  $5-20mA$ 。可供用户在换向要求不苛刻，如电流电压相位差不大的场合无缓冲器或有缓冲器而提高可靠性使用。